

# Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von Unregelmässigkeiten der Dicke von flächigen Objekten, wie Papier, Pappe, Folien, Bleche oder Etiketten

**Patent number:** DE20312388U  
**Publication date:** 2003-11-20  
**Inventor:**  
**Applicant:** PEPPERL & FUCHS (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01B17/02; G01B17/02; (IPC1-7): G01B17/02  
- **european:** G01B17/02  
**Application number:** DE20032012388U 20030811  
**Priority number(s):** DE20032012388U 20030811; DE20032004805U 20030323

**Report a data error here**

Abstract not available for DE20312388U

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



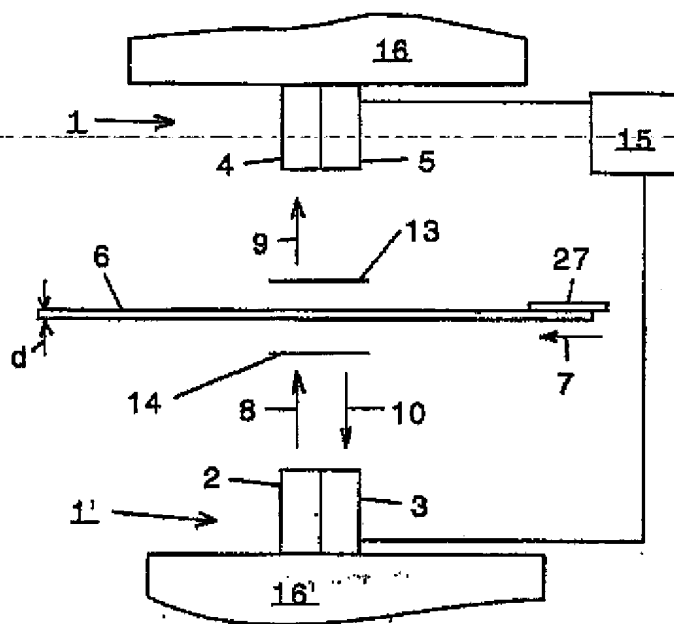
21 Aktenzeichen:	203 12 388.3
22 Anmeldetag:	11. 8. 2003
47 Eintragungstag:	20. 11. 2003
43 Bekanntmachung im Patentblatt:	24. 12. 2003

- 66 Innere Priorität:  
203 04 805. 9 23. 03. 2003
- 73 Inhaber:  
Pepperl + Fuchs GmbH, 68307 Mannheim, DE
- 74 Vertreter:  
Mierswa, K., Dipl.-Ing., Pat.- u. Rechtsanw., 68199  
Mannheim

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GbmG ist gestellt

68 Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von Unregelmäßigkeiten der Dicke von flächigen Objekten, wie Papier, Pappe, Folien, Bleche oder Etiketten

67 Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von Unregelmäßigkeiten der Dicke, Dickschwankungen, von flächigen Objekten (6, 27), wie Papier, Papierrollen, Pappe, Bleche oder ähnliche flächige Materialien, zur Detektion von Mehrfachlagen gegenüber der Einfachlage bzw. von Einfach- und Mehrfachbögen, von Papierklebe- oder -abrißstellen, sowie zur Detektion, Zählen, von auf einem Trägermaterial angeordneten Gegenständen, wie Etiketten, durch Erkennen von zwischen benachbarten Gegenständen befindliche Lücken, mit einer Einrichtung (1, 1') zum Senden und Empfangen von Ultraschall in Bezug auf die Objekte (6, 27), sowie einer mit der Einrichtung (1, 1') elektrisch verbundenen Auswertelektronik (15), wobei die Vorrichtung mittels der Einrichtung (1, 1') zum Senden und Empfangen von Ultraschall zwei voneinander unabhängige und verschiedene Messungen durchzuführen imstande ist, nämlich einerseits eine Messung der Amplitude der transmittierten Ultraschallwelle durch Transmission sowie andererseits eine Messung der Reflektionssignale (10, 11) der reflektierten Ultraschallwellen von beiden Seiten des Objekts (6, 27) zur Dickenmessung der Dicke (d) des Objekts (6, 27) durch Reflektion.



bereiten erhebliche Probleme. Ebensovienig ist das Verfahren, ohne den Einsatz von Linsen, auf Grund des kleinen Messflecks für inhomogene Papiere geeignet.

Durch die DE 195 21 129 C1 ist eine Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von Etiketten auf einem Trägermaterial bekannt geworden, die einen kapazitiven Sensor mit zwei Kondensatorelementen verwendet. Jedem Kondensatorelement ist ein Zeitglied zugeordnet, das mittels eines Oszillators zeitversetzt aktiviert werden kann. Die Kapazität des Papiers wird in den Schwingkreis des Oszillators kapazitiv einbezogen. Da das Papier eine von eins verschiedene Dielektrizitätskonstante aufweist, hat es einen Einfluss auf die Oszillationsfrequenz des Oszillators, welche ausgewertet werden kann. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass dünne Papiere nur schwer oder gar nicht zu detektieren sind, metallkaschierte Papiere sind nicht messbar. Ebenso sind mit diesem Verfahren Folien nur schwer zu detektieren, weil diese eine zu geringe Dicke aufweisen.

Durch die DE 199 21 217 A1 ist eine Vorrichtung zur Detektion von Etiketten auf einem Trägermaterial bekannt geworden, die einen Ultraschallwellen aussendenden Sender und einen Ultraschallwellen empfangenden Empfänger in Schrankenordnung aufweist; das Trägermaterial mit den Etiketten ist zwischen Sender und Empfänger angeordnet. Zur Detektion der Etiketten wird das Empfangssignal am Ausgang des Empfängers mit einem Schwellwert verglichen, der während eines Abgleichvorgangs bei zwischen Sender und Empfänger angeordneten Trägermaterial oder dort angeordneter Etiketten in Abhängigkeit des dabei registrierten Empfangssignals selbsttätig bestimmbar ist. Dabei emittiert der

Sender Ultraschallwellen im Frequenzbereich zwischen 200 KHz und 400 KHz, welche mit einer Modulationsfrequenz im Bereich von 2 KHz bis 5 KHz Frequenz moduliert sind. Diese Vorrichtung ist durch die DE 199 27 865 A1 durch eine Vorrichtung mit Ultraschallsender und Ultraschallempfänger zur Detektion von Einfachbögen oder Doppelbögen weiter ausgestaltet worden.

Es handelt sich in beiden Fällen um eine Ultraschall-Transmissionsmessung, wobei sich Sender und Empfänger in einer Schrankenordnung gegenüber stehen. Die vom Sender emittierte Ultraschallwelle durchdringt das Papier, der

transmittierte Anteil der Ultraschallwelle wird vom Empfänger empfangen und bezüglich seiner Amplitude bewertet. Die am Empfänger empfangene Amplitude beim Vorliegen eines Doppelbogens ist wesentlich geringer als bei Vorliegen eines Einfachbogens. Der Sender kann dabei kontinuierlich oder gepulst betrieben  
5 werden. Die Ultraschall-Transmissionsmessung ist für dicke Papiere, wie Kartonagen oder Wellpappe, oftmals nicht geeignet, wobei eine gewisse Eignung für inhomogene Papiere gegeben ist. Ein kontinuierlicher Betrieb des Senders hat den Nachteil einer geringeren auswertbaren Amplitude des Signals, weil die Anregungsspannung des Senders nicht so hoch sein kann als beim gepulsten Betrieb,  
10 wobei ebenso Gefahren von Interferenzen gegeben sind.

Deshalb muss der Sender bezüglich der Papiernormalen geneigt sein oder die Ultraschallwelle muss frequenzmoduliert sein. Der gepulste Betrieb des Senders bringt wohl eine höhere auswertbare Amplitude und eine geringere Gefahr von  
15 Interferenzen, weshalb in diesem Fall der Sender parallel zur Papiernormalen gerichtet sein kann. Allerdings ist bei diesem Verfahren der gepulste Betrieb erheblich langsamer als bei kontinuierlichem Betrieb, was bei den heutigen Geschwindigkeiten der Druckmaschinen einen erheblichen Nachteil darstellt.

20 Durch die DE 200 18 193 U1 ist eine Vorrichtung zur Kontrolle von Bögen in einer Bogen verarbeitenden Maschine mit einem die Bögen erfassenden Sensor und einer Auswerteeinheit bekannt geworden, wobei zur Detektion von Einfachbögen oder Mehrfachbögen in der Auswerteeinheit aus den Ausgangssignalen der Sensoren ein Bogenfeststellungssignal abgeleitet wird. Als Sensoren sind ein  
25 kapazitiver Sensor und ein Ultraschallsensor vorgesehen, wobei das Bogenfeststellungssignal aus einer logischen Verknüpfung der Ausgangssignale der Sensoren abgeleitet ist und die logische Verknüpfung in Abhängigkeit der während einer Abgleichsphase ermittelten Ausgangssignale der Sensoren durch die Auswerteeinheit festgelegt ist. Die analogen Ausgangssignale der Sensoren  
30 werden jeweils mittels eines Schwellwerts bewertet und die erhaltenen binären Ausgangssignale logisch miteinander verknüpft. Dieses Verfahren mittels zweier unterschiedlicher Sensoren, nämlich Ultraschallsensor und kapazitiver Sensor, ist

wohl gleichermaßen für dickere und dünnere Papiere geeignet, jedoch ist diese Verfahren teuer und aufwendig in der Montage sowie des Abgleichs.

- Des Weiteren ist durch die DE 30 48 710 C2 ein Verfahren zur berührungslosen
- 5 Bestimmung des Flächengewichts bzw. der Dicke von Papier oder Folien bekannt geworden, wobei ein impulsförmig Ultraschallwellen abstrahlender Sender das Papier beschallt und ein auf der anderen Seite des Papiers liegender Empfänger die Schallintensität durch Integration des Signals mißt. Dabei wird in Lücken zwischen den Papieren die Schalllaufzeit gemessen bzw. immer wieder neu
- 10 bestimmt. Dadurch wird der Abtastzeitpunkt bestimmt.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung so weiter zu gestalten, dass eine sichere Detektion von flachen und flächigen Objekten, insbesondere Bögen und Doppelbögen, für eine
- 15 Mehrzahl von Materialien gewährleistet ist, wobei die Vorrichtung imstande sein soll, sowohl dünne als auch dicke Papier in einem großen Grammaturbereich, Metall-kaschierte Papiere wie Folien sicher zu detektieren.

Offenbarung der Erfindung und deren Vorteile:

- 20 Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von Unregelmäßigkeiten der Dicke, Dickschwankungen, von flächigen Objekten, wie Papier, Papierrollen, Pappe, Bleche oder ähnliche flächige Materialien, zur Detektion von Mehrfachlagen gegenüber der Einfachlage bzw. von Einfach- und Mehrfachbögen, von Papierklebe- oder -abrißstellen, sowie zur Detektion, Zählen,
- 25 von auf einem Trägermaterial angeordneten Gegenständen, wie Etiketten, durch Erkennen von zwischen benachbarten Gegenständen befindliche Lücken, mit einer Einrichtung zum Senden und Empfangen von Ultraschall in Bezug auf die Objekte, sowie einer mit der Einrichtung elektrisch verbundenen Auswerteelektronik, wobei die Vorrichtung mittels der Einrichtung zum Senden und Empfangen von Ultraschall zwei voneinander unabhängige und verschiedene Mes-
- 30 sungen durchzuführen imstande ist, nämlich einerseits eine Messung der Amplitude der transmittierten Ultraschallwelle durch Transmission sowie andererseits eine Messung der Reflektionssignale der reflektierten Ultraschallwellen von

beiden Seiten des Objekts zur Dickenmessung der Dicke (d) des Objekts durch Reflektion.

Insbesondere besteht in vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung die Einrichtung  
5 jeweils aus einem Ultraschallwandler zum Senden und Empfangen auf jeder Seite  
der Objekte, wobei die Ultraschallwandler sich gegenüberstehen und senkrecht zu  
den Objekten gerichtet sind, und die Empfänger sowohl zum Empfang des gesen-  
deten Signals des eigenen, auf derselben Seite wie der Empfänger liegenden  
Senders als Reflektionssignale zur Dickenmessung des Objekts durch Reflektion,  
10 als auch desjenigen Signals des gegenüberliegenden Senders als zur Messung  
der Amplitude der transmittierten Ultraschallwelle des Objekts durch Transmission  
imstande sind, wobei die Auswerteelektronik im Falle der Reflektion die Ultra-  
schalllaufzeiten der Reflektionssignale ermittelt und hieraus die Dicke des Objek-  
tes bestimmt und im Fall der Transmission die Amplitude des Transmissionssignal  
15 ermittelt und hieraus wenigstens die Anwesenheit eines einlagigen Objektes oder  
mehrerer übereinander liegender Objekte oder zweier anstoßender Objekte, wie  
Etiketten, zu bestimmen imstande ist, wobei dünne Objekte, vorzugsweise bis 0,3  
mm Dicke, bevorzugt mittels Transmission und dickere Objekte, vorzugsweise ab  
0,3 mm Dicke, bevorzugt mittels Reflektion zu messen sind.

20 Normalerweise wird derselbe Ultraschallwandler zum Senden und Empfangen der  
Ultraschallwellen verwendet, somit sind zwei Ultraschallwandler vorhanden. Es  
können aber auch Zweikopfsysteme, somit vier Ultraschallwandler, eingesetzt  
werden, was für spezielle Dickenmessungen von Objekten im Falle der Reflektion  
25 vorteilhaft sein kann.

Der Gegenstand der Erfindung verbindet in vorteilhafter Weise in einem Gerät  
einerseits in einem ersten Arbeitsmodus die schnelle Ultraschall-Transmissions-  
messung mit andererseits in einem zweiten Arbeitsmodus eine beidseitige  
30 Reflektionsmessung des jeweiligen Ultraschallsignals auf jeder der beiden Seiten  
des Objekts. Im erstgenannten Arbeitsmodus erfolgt mittels der Amplitudenmes-  
sung des geschwächten Transmissionssignals eine Feststellung von Einfach-  
objekten gegenüber Doppelobjekten, wie Einfachbögen gegenüber Doppelbögen.

- Im zweitgenannten Arbeitsmodus, um dicke oder Ultraschall undurchlässige Objekte zu messen, erfolgt die Bestimmung der Dicke der Objekte aus der Differenz des Abstandes zwischen Sender und Empfänger und der Summe der Laufzeiten multipliziert mit der Schallgeschwindigkeit dividiert durch zwei. Dabei
- 5 bestimmt sich die Dicke  $d$  des Objektes zu:

$$d = \text{Abstand D Sender-Empfänger} - (t_1 + t_2) \cdot c / 2$$

mit  $c$  = Schallgeschwindigkeit

$t_1$  = Laufzeit der Welle 1, zum Beispiel obere Welle

$t_2$  = Laufzeit der Welle 2, zum Beispiel untere Welle

10

- Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt den Vorteil, dass sie auch zur Dicken-erkennung von sehr dicken Papieren, wie Kartonagen oder Wellpappe, oder zu Messung von Ultraschall undurchlässigen Objekten geeignet ist, wie Metallplatten oder Bleche, und somit einen großen Grammaturbereich zu erfassen im Stande
- 15 ist. Der Bereich von Papieren mit hoher Grammaturn lässt sich durch die in der Vorrichtung erfindungsgemäß implementierte Objektdickenmessung über Reflexion erschließen, welche mittels Ultraschalllaufzeitmessung durchgeführt wird. Hierzu werden dieselben Ultraschallwandler für die Transmissionsmessung und dieselben Teile der Elektronik der Auswerteelektronik eingesetzt, so dass die
- 20 Anordnung der Sensoren wie der Sender für die Dickenmessung der Objekte die gleiche ist wie bei der Transmissionsmessung. Die Ultraschallwandler stehen sich gegenüber, wobei sich das Objekt mittig zwischen den beiden Ultraschallwandlern hindurch bewegt. Bei der Transmissionsmessung arbeitet ein Ultraschallwandler als Sender, der andere Ultraschallwandler als Empfänger. Die empfangene
- 25 Amplitude des Signals wird ausgewertet und zur Unterscheidung zwischen Einfachbogen und Doppelbögen herangezogen. Dieses Verfahren ist sehr gut geeignet bei kleineren Grammaturn bis zirka  $500\text{g/m}^2$ ; es ist in Abhängigkeit vom Papier bis zu einer Grammaturn von  $1000\text{g/m}^2$  geeignet.

- 30 Für die Dickenmessung mittels Reflexion auf jeder Seite des Objektes arbeitet jeder Ultraschallwandler als Sender und Empfänger im gepulsten Betrieb. Jeder Ultraschallsender der beiden Wandler emittiert kurze Ultraschallimpulse, welche an der Oberfläche des Objekts reflektiert werden und zum Ultraschallempfänger

als Echosignal zurückkehren. Die Ultraschallempfänger messen die Ultraschalllaufzeiten bis zum Eintreffen der jeweiligen Ultraschallechos. Mittels der Schallgeschwindigkeit kann daraus der Abstand eines jeden Ultraschallempfängers von der jeweiligen Oberfläche des Objektes gemessen werden. Aus dem bekannten  
5 Gesamtabstand zwischen den beiden Ultraschallwandlern lässt sich mittels Differenzbildung zwischen dem Gesamtabstand der beiden Ultraschallwandler und den Abständen der beiden Ultraschallempfänger von der Oberfläche des Objekts die Dicke desselben, beispielsweise die Papierdicke, berechnen.

- 10 In Ausgestaltung der Vorrichtung kann zur Messung des Transmissionssignals des dem empfangenen Empfänger gegenüberliegenden Senders die Abstrahlung der Ultraschallsignale kontinuierlich oder gepulst erfolgen.

Wesentlich ist, dass zur genauen Dickenmessung die aktuelle Schallgeschwindigkeit  $c$  bekannt ist, welche u.a. von der Temperatur abhängt. Deshalb können in  
15 weiterer Ausgestaltung der Erfindung zur Messung der momentanen Schallgeschwindigkeit auf jeder Seite der Objekte je zwei Referenzreflektoren angeordnet sein, deren Abstand von den Sendern bekannt ist und welche derart gestaltet sind, dass der größte Teil der Ultraschallsignale die Referenzreflektoren mit nur  
20 geringer Abschwächung passiert; aus der Laufzeit der Ultraschallechos herrührend von den Referenzreflektoren ist die aktuelle Schallgeschwindigkeit  $c$  ermittelbar. Die Referenzreflektoren können dünne Drähte oder Drahtbügel sein, sie müssen allerdings mechanisch stabil montiert sein. Ebenso können die Referenzreflektoren in Nachbarschaft der Objekte angeordnet sein, sie dürfen diese jedoch  
25 nicht berühren, wobei wegen der Echobreite ein Mindestabstand erforderlich ist.

Die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit kann aus dem Abstand  $D$  der Wandler zueinander und der Laufzeit  $t_L$  zwischen den Wandlern bestimmt werden, wobei der eine Wandler sendet und der andere Wandler empfängt:  $c = \text{Abstand } D$   
30 zwischen den Wandlern / Laufzeit  $t_L$  zwischen den Wandlern. Alternativ kann die Laufzeitbestimmung über die Referenzreflektoren erfolgen:  $c = \text{Abstand Referenzreflektoren} / (2 \cdot \text{Laufzeit zum Referenzreflektor})$ .



Ebenso kann die Gewinnung der Schallgeschwindigkeit durch eine - nicht dargestellte - Temperaturmessung und Umrechnung mit der Formel:  $c = c_0 \cdot (T/T_0)^{0,6}$  erfolgen, wobei T die augenblickliche Temperatur in Kelvin und  $c_0 = 331,6$  m/s die Schallgeschwindigkeit bei  $T_0 = 273,15$  K bedeuten.

5

Bei der Dickenmessung von Objekten mittels Reflektion sind in besonders bevorzugter Ausgestaltung der Vorrichtung die beiden Empfänger synchronisiert zur gleichzeitigen Ermittlung der Abstände der Empfänger von der Oberfläche der Objekte, wodurch ein Papler- oder Bogenflattern keinen Einfluß mehr auf die

10

Messung ausübt.

Zur Entscheidung zwischen einem einzigen Objekt und zwei übereinander liegenden Objekten, wie Doppelbögen, sind Reflektionssignal und Transmissions-signal logisch verknüpfbar, zum Beispiel mittels einer UND- oder einer ODER-

15

Verknüpfung oder mittels einer Entweder-Oder-Verknüpfung oder mittels unterschiedlicher Wichtung der beiden Signale sowie unter Heranziehung der bekannten Dicke, Solldicke, eines einzelnen Objektes.

20

Dabei kann die Dicke eines einzelnen Objektes zur Erkennung einer Vielzahl gleicher Objekte durch einen Teach-in-Prozess eingelernt werden, indem zum Beispiel das Empfangssignal am Ausgang der Empfänger mit einem vorgebbaren Schwellwert vergleichbar ist, welcher während eines Abgleichvorgangs bei Anwesenheit eines Objektes zwischen Sender und Empfänger in Abhängigkeit des während des Abgleichvorgangs registrierten Empfangssignals automatisch

25

bestimmbar ist. Ein TeachVorgang ist bei Dicken- sowie Transmissionsmessung möglich. Bei Transmission der Ultraschallwelle wird dazu eine Amplitudenschwelle, hingegen bei der Dickenmessung Zeitschwelle gebildet.

30

In einer weiteren Ausgestaltung der Vorrichtung weist die Auswerteelektronik einen logarithmischen oder linearen Empfangsverstärker auf. Ebenso kann die Auswerteelektronik ein Sample-and-Hold-Glied zur Messung der Amplitude der gepulsten Ultraschallwelle aufweisen, wie die Auswerteeinheit auch einen

Spitzenwertgleichrichter zum Ermitteln der maximalen empfangenen Amplitude des ausgesendeten Ultraschallsignals aufweisen kann.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Vorrichtung eine solche zur  
5 berührungslosen Detektion von Unregelmäßigkeiten der Dicke, Dickschwankungen, von flächigen Objekten, wie Papier, Papierrollen, Pappe, Bleche oder ähnliche flächige Materialien, zur Detektion von Mehrfachlagen gegenüber der Einfachlage bzw. von Einfach- und Mehrfachbögen, von Papierklebe- oder -abrießstellen, sowie zur Detektion, Zählen, von auf einem Trägermaterial angeordneten  
10 Gegenständen, wie Etiketten, durch Erkennen von zwischen benachbarten Gegenständen befindliche Lücken, mit einer Einrichtung zum Senden und Empfangen von Ultraschall in Bezug auf die Objekte, sowie einer mit der Einrichtung elektrisch verbundenen Auswerteelektronik, und die Einrichtung jeweils aus einem Ultraschallwandler zum Senden und Empfangen auf jeder Seite der Objekte  
15 besteht, wobei die Ultraschallwandler sich gegenüberstehen und senkrecht bzw. im Wesentlichen senkrecht zu den Objekten gerichtet sind, und die Ultraschallwandler bzw. Empfänger zum Empfang des gesendeten Signals des eigenen, auf derselben Seite wie der Empfänger liegenden Senders als Reflektionssignale zur Dickenmessung des Objekts durch Reflektion imstande sind, wobei die Auswerteelektronik die Ultraschalllaufzeiten der Reflektionssignale ermittelt und hieraus die  
20 Dicke (d) des Objektes bestimmt, wobei Objekte, vorzugsweise ab 0,3 mm Dicke, mittels Reflektion zu messen sind. Mit einer derartigen Vorrichtung erfolgt nur eine Reflektionsmessung.

25 Kurzbeschreibung der Zeichnung, in der zeigen:

Figur 1 ein prinzipielles Beispiel der Vorrichtung aus zwei Ultraschallwandlern in einer Schrankenordnung mit dazwischen durchlaufendem Objekt, wobei hier der Fall der Transmissionsmessung dargestellt ist

Figur 2 das Beispiel der Vorrichtung der Figur 1, wobei hier der Fall der Reflektionsmessung unter Bestimmung der Ultraschalllaufzeiten aus den  
30 Reflektionssignalen dargestellt ist und

Figur 3 eine technische Ausführung einer patentgemäßen Vorrichtung.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt prinzipiell zwei unterschiedliche Arbeitsmodi, welche auch kombiniert werden können, nämlich den Transmissionsmodus zur Transmissionsmessung der Ultraschallwelle auf den unterschiedlichen, sich gegenüber liegenden Seiten eines Objekts 6 und den Reflektionsmodus zur  
5 Reflektionsmessung der reflektierten Signale, Echosignale, jeweils auf ein und derselben Seite des Objekts 6. Ebenso kann die erfindungsgemäße Vorrichtung nur einen Arbeitsmodus besitzen, nämlich denjenigen zur Reflektionsmessung.

Figur 1 zeigt hierzu zur Transmissionsmessung ein prinzipielles Beispiel der  
10 Vorrichtung bestehend aus zwei Ultraschallwandlern 1, 1' in einer Schranken-anordnung mit dazwischen in Richtung des Pfeils 7 durchlaufendem Objekt 6, welches ein Papierbogen sein kann. Die Ultraschallwandler 1, 1' stehen sich senkrecht zur Ebene des Objekts 6 gegenüber und sind an je einem Maschinenbauteil 16, 16', zum Beispiel am Einlauf zu einer Druckmaschine, angeordnet. Wesent-  
15 lich ist, dass erfindungsgemäß wenigstens zwei, vorzugsweise nur zwei, Ultraschallwandler 1, 1' vorhanden sind, welche sich senkrecht gegenüberstehen und deren Achsen antiparallel gerichtet sind. Die Ultraschallwandler 1, 1' werden von einer Auswerteelektronik 15 angesteuert. Jeder Ultraschallwandler 1, 1' besteht aus einem Ultraschallsender 2, 5 und einem Ultraschallempfänger 3, 4 auf jeder  
20 Seite des Objektes 6.

Im Transmissionsmodus sendet einer der beiden Sender 2, 5 ein Ultraschallsignal aus, welches das Objekt 6 durchdringt, wonach der transmittierte Anteil der Ultraschallwelle vom gegenüberstehenden Empfänger 4 bzw. 3 empfangen und  
25 durch die Auswerteelektronik 15 ausgewertet wird. Die Sender 2, 5 können auch alternierend arbeiten, um so zum Beispiel aus wenigstens zwei Transmissionsmessungen einen Mittelwert zu bilden.

Jeder der Ultraschallwandler 1, 1' wird zum Senden und Empfangen verwendet  
30 und ist sowohl zum Empfang des gesendeten Signals 8, 12 des eigenen, auf derselben Seite wie der Empfänger 3, 4 liegenden Senders 2, 5 als Reflektions-signale 10, 11 zur Dickenmessung des Objekts 6 durch Reflektion, als auch desjenigen Signals des gegenüberliegenden Senders 2, 5 als Transmissions-

signal 9 zur Dickenmessung des Objekts 6 durch Transmission imstande. Die Auswerteelektronik 15 ermittelt im Falle der Reflektion die Ultraschalllaufzeiten der Reflektionssignale 10, 11, wobei aus den so ermittelten Werten die Dicke  $d$  des Objektes 6 bestimmt wird. Im Fall der Transmission wird die Amplitude des Transmissionssignal 9 gemessen und daraus geschlossen, ob es sich um nur ein Objekt oder um zwei aufeinander liegende Objekte handelt.

Figur 2 zeigt die Ultraschallwellen-Verhältnisse am Beispiel der Vorrichtung der Figur 1, wobei hier der Fall der Reflektionsmessung im Reflektionsmodus unter Bestimmung der Ultraschalllaufzeiten aus den Reflektionssignalen dargestellt ist. Zur Dickenmessung der Dicke  $d$  des Objektes 6 sind beide Ultraschallwandler 1, 1' auf den Reflektionsmodus geschaltet. Die vom Ultraschallsender 2 abgestrahlte Ultraschallwelle 8 wird an der Unterseite des Objektes 6 als Echowelle 10 reflektiert und vom Empfänger 3 aufgefangen; ebenso wird die vom Ultraschallsender 5 abgestrahlte Ultraschallwelle 12 an der Oberseite des Objektes 6 als Echowelle 11 reflektiert und vom Empfänger 4 aufgefangen. Mit Kenntnis der aktuellen Schallgeschwindigkeit sowie des aktuellen Abstands der Ultraschallwandler 1, 1' voneinander errechnet hieraus die Auswerteelektronik 15 unter Differenzbildung der jeweiligen aktuellen Abstände des Objekts 6 von den Ultraschallwandlern 1, 1' die Dicke des Objekts 6.

Zur Bestimmung der aktuellen Schallgeschwindigkeit dienen zum Beispiel auf jeder Seite des Objektes 6 angeordnete Referenzreflektoren 13,14, deren Abstand von den Sendern 2, 5 bekannt ist. Diese Referenzreflektoren 13,14 sind derart gestaltet, dass der größte Teil der Ultraschallsignale 8,10,11,12 die Referenzreflektoren 13, 14 mit nur geringer Abschwächung zum Objekt 6 hin passiert, wobei aus der Laufzeit der Ultraschallechos 10, 11 von den Referenzreflektoren 13,14 und den bekannten Abständen der Ultraschallwandler 1,1' zu den Referenzreflektoren durch die Auswerteelektronik 15 die aktuelle Schallgeschwindigkeit  $c$  ermittelt werden kann.

Die aktuelle Schallgeschwindigkeit kann auch aus dem bekannten Abstand zwischen Sender und Empfänger bestimmt werden, wobei in diesem Fall kein

Objekt 6 in der Vorrichtung anwesend sein darf, so dass die beiden Ultraschallwandler 1, 1' jeweils den genauen Abstand zum jeweils gegenüberliegenden Ultraschallwandler messen können. Aus den gemessenen Laufzeiten und dem bekannten, zum Beispiel gemessenen, Abstand zwischen den Ultraschallwandlern  
5 kann die Schallgeschwindigkeit ermittelt werden.

Vorzugsweise sind die Referenzreflektoren als dünne Drähte 13, 14 oder Drahtbügel gestaltet, wie sie auch in Nachbarschaft der durchlaufenden Objekte 6 angeordnet sein können. Sie müssen aber mechanisch stabil befestigt sein und  
10 dürfen die durchlaufenden Objekte nicht berühren.

Für eine exakte Berechnung der Dicke des Objektes 6 aus den Laufzeiten der Reflektionssignale 10, 11 ist es erforderlich, dass die Abstände der Empfänger 3, 4 von den Oberflächen des Objektes 6 gleichzeitig ermittelt werden. Deshalb ist  
15 es vorteilhaft, wenn die beiden Empfänger 3, 4 zur gleichen Zeit die Abstandsmessung durchführen, was durch eine Synchronisation der beiden Empfänger 3, 4 erreicht wird und die Objekte mittig angeordnet sind. Dadurch werden Fehler durch Eigenschwingungen des Objektes, wie Papierflattern, vermieden.

20 Die Entscheidung, ob ein Einfachbogen oder ein Doppelbogen die Vorrichtung durchläuft, kann in vorteilhafter Weise dadurch erfolgen, dass die gewonnenen Transmissionssignale und Reflektionssignale logisch miteinander verknüpft werden, beispielsweise mittels einer UND- oder ODER-Verknüpfung. Die logische Verknüpfung kann auch aus einer Auswahl eines der beiden Arbeitsmodi  
25 bestehen. Andere Verknüpfungen, bei denen zum Beispiel eine Wichtung der Ergebnisse aus den beiden Arbeitsmodi erfolgt, sind ebenfalls möglich.

Die Ergebnisse der Messungen können mittels Anzeigeelemente angezeigt und/oder als elektrische Signale auf Ausgänge der Auswerteelektronik 15 zur weiteren  
30 Verarbeitung gelegt werden. Ebenso kann vorgesehen werden, dass die Messungen nur auf Anforderung durchgeführt werden, beispielsweise durch Triggerung, so dass die Auswerteelektronik 15 einen Triggeringang aufweisen

kann. Ebenso kann eine Einschalt- und Abschaltverzögerung des Signals, insbesondere des Doppelbogensignals, vorhanden sein.

Des Weiteren kann die Auswerteelektronik 15 dazu geeignet sein, einen Analogwert auszugeben in Form eines Signals, welches zu der gemessenen Signalamplitude der Ultraschall-Transmissionsmessung proportional ist.

Die Figur 3 zeigt eine technische Ausführung einer patentgemäßen Vorrichtung zusammen mit der Auswerteelektronik, wobei die technische Ausführung zweimal vorhanden sein muß, nämlich gemäß den Figuren 1 und 2 auf beiden Seiten des Objektes, wobei allerdings ein Mikroprozessor ausreichend ist. Die Auswerteelektronik umfasst den Mikroprozessor 21, welcher den Ablauf steuert. An den Mikroprozessor 21 ist ein Ultraschallwandler 17 angeschlossen, dessen Signale über einen Begrenzer 18 einem zum Beispiel logarithmischen, frequenzselektiven Verstärker 19 aufgegeben werden. Über einen Gleichrichter 27, einen Hüllkurvenformer 28 sowie ein Rauschfilter 26 werden die Signale zum einen direkt einem Komparator 22 und zum anderen über einen Schwellengenerator 20 dem Komparator 22 des Mikroprozessors 21 zugeführt, wobei diese Signale der Reflektionsmessung dienen und den Reflektionsmodus repräsentieren. Des Weiteren wird das Signal über einen Peakdetektor einem A/D-Wandler 24 des Mikroprozessors 21 sowie direkt dem Mikroprozessor über einen Baustein 25 zur Augenblicksmessung der maximalen Signalamplitude zugeführt, diese Signale dienen der Transmissionsmessung im Transmissionsmodus.

Die Transmissionsmessung kann entweder kontinuierlich oder gepulst erfolgen, wobei bei einem kontinuierlichen Betrieb der Transmissionsmessung zur Vermeidung von stehenden Wellen entweder Phasensprünge oder kurze Pausen der Ultraschallwelle erfolgen können. Hinsichtlich der Transmissionsmessung sind bei der Vorrichtung zur Ermittlung von "kein Objekt" oder "ein Objekt" oder "Doppelobjekt" zwei Schwellen vorgebar, gemäß der folgenden Abstufung:

Signal > obere Schwelle → kein Bogen

Signal zwischen Schwellen → Einfachbögen

Signal < untere Schwelle → Doppelbögen.

## Ansprüche:

1. Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von Unregelmäßigkeiten der Dicke, Dickschwankungen, von flächigen Objekten (6,27), wie Papier, Papierrollen, Pappe, Bleche oder ähnliche flächige Materialien, zur Detektion von Mehrfachlagen gegenüber der Einfachlage bzw. von Einfach- und Mehrfachbögen, von Papierklebe- oder -abrißstellen, sowie zur Detektion, Zählen, von auf einem Trägermaterial angeordneten Gegenständen, wie Etiketten, durch Erkennen von zwischen benachbarten Gegenständen befindliche Lücken, mit einer Einrichtung (1,1') zum Senden und Empfangen von Ultraschall in Bezug auf die Objekte (6,27), sowie einer mit der Einrichtung (1,1') elektrisch verbundenen Auswerteelektronik (15), wobei die Vorrichtung mittels der Einrichtung (1,1') zum Senden und Empfangen von Ultraschall zwei voneinander unabhängige und verschiedene Messungen durchzuführen imstande ist, nämlich einerseits eine Messung der Amplitude der transmittierten Ultraschallwelle durch Transmission sowie andererseits eine Messung der Reflektionssignale (10,11) der reflektierten Ultraschallwellen von beiden Seiten des Objekts (6,27) zur Dickenmessung der Dicke (d) des Objekts (6,27) durch Reflektion.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung jeweils aus einem Ultraschallwandler (1,1') zum Senden und Empfangen (3,4) auf jeder Seite der Objekte (6,27) besteht, wobei die Ultraschallwandler (1,1') sich gegenüberstehen und senkrecht bzw. im Wesentlichen senkrecht zu den Objekten (6,27) gerichtet sind, und die Ultraschallwandler (1,1',3,4) bzw. Empfänger (3,4) sowohl zum Empfang des gesendeten Signals (8,9,10,11,12) des eigenen, auf derselben Seite wie der Empfänger (3,4) liegenden Senders (2,5) als Reflektionssignale (10,11) zur Dickenmessung des Objekts (6,27) durch Reflektion, als auch desjenigen Signals des gegenüberliegenden Senders (2,5) als zur Messung der Amplitude der transmittierten Ultraschallwelle des Objekts (6,27) durch Transmission imstande sind, wobei die Auswerteelektronik (15) im Falle der Reflektion die Ultraschallaufzeiten der Reflektionssignale (10,11) ermittelt und hieraus die Dicke (d) des Objektes (6,27) bestimmt und im Fall der Transmission die Amplitude des Transmissionssignal (9)

- 2 -

ermittelt und hieraus wenigstens die Anwesenheit eines einlagigen Objektes (6) oder mehrerer übereinander liegender Objekte (6,27) oder zweier anstoßender Objekte (6,27), wie Etiketten, zu bestimmen imstande ist, wobei dünne Objekte, vorzugsweise bis 0,3 mm Dicke, bevorzugt mittels Transmission und dickere  
5 Objekte, vorzugsweise ab 0,3 mm Dicke, bevorzugt mittels Reflektion zu messen sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass für die Bestimmung der Dicke (d) des Objektes (6,27) zur Messung der  
10 Reflektionssignale (10,11) die Abstrahlung der Ultraschallsignale (8,9,10,11,12) der Sender (2,5) gepulst erfolgt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass hinsichtlich der Dickenmessung zur Messung der momentanen Schallge-  
15 schwindigkeit auf jeder Seite der Objekte (6,27) je zwei Referenzreflektoren (13,14) angeordnet sind, deren Abstand von den Sendern (2,5) bekannt ist und welche derart gestaltet sind, dass der größte Teil der Ultraschallsignale (8,9,10,11,12) die Referenzreflektoren (13,14) mit nur geringer Abschwächung passiert, wobei aus der Laufzeit der Ultraschallechos von den Referenzreflektoren  
20 (13,14) und dem bekannten Abstand von den Referenzreflektoren (13,14) die aktuelle Schallgeschwindigkeit ermittelbar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass hinsichtlich der Dickenmessung die Referenzreflektoren dünne Drähte  
25 (13,14) oder Drahtbügel sind, welche mechanisch stabil angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass hinsichtlich der Dickenmessung die Referenzreflektoren (13,14) in Nachbarschaft der Objekte (6,27) angeordnet sind.  
30

7. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass hinsichtlich der Dickenmessung die momentane Schallgeschwindigkeit bei Abwesenheit eines Objektes (6,27) aus dem bekannten Abstand der Ultra-



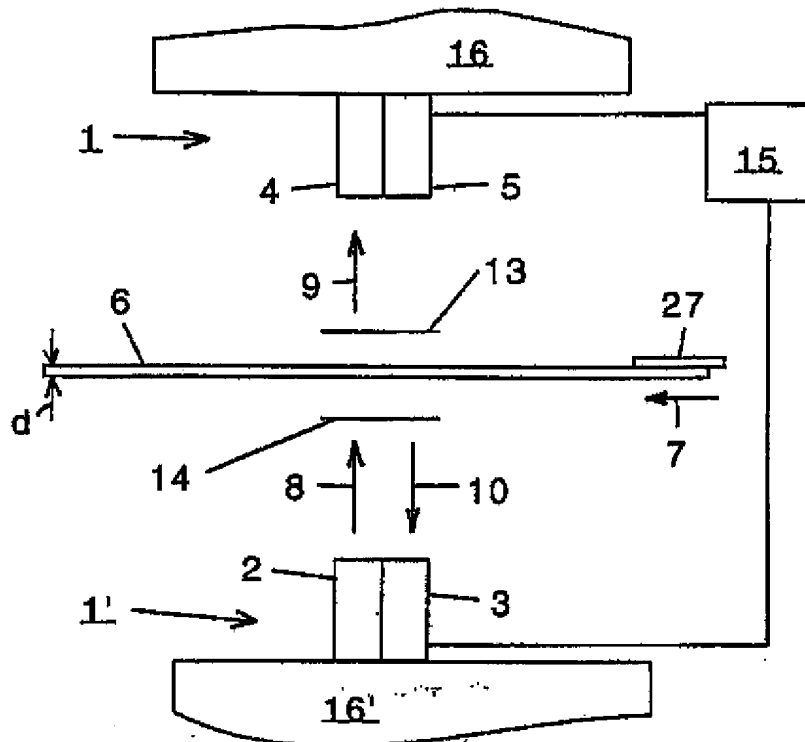
14. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass hinsichtlich der Transmissionsmessung zur Unterscheidung von Einfach- oder Doppelobjekten (6,27), wie Einfach- oder Doppelbögen, das Empfangssignal am Ausgang der Empfänger (3,4) mit einem vorgebbaren Schwellwert vergleich-  
5 bar ist, welcher während eines Abgleichvorgangs bei Anwesenheit eines Objektes zwischen Sender (2,5) und Empfänger (3,4) in Abhängigkeit des während des Abgleichvorgangs registrierten Empfangssignals automatisch oder extern getriggert bestimmbar ist.
- 10 15. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Transmissionsmessung entweder kontinuierlich oder gepulst erfolgt.
16. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem kontinuierlichen Betrieb der Transmissionsmessung zur Vermeidung von stehenden Wellen entweder Phasensprünge oder kurze Pausen der  
15 Ultraschallwelle erfolgen.
17. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass hinsichtlich der Transmissionsmessung zur Ermittlung von "kein Objekt" oder  
20 "ein Objekt" oder "Doppelobjekt" zwei Schwellen vorgebar sind, gemäß der folgenden Abstufung:  
Signal > obere Schwelle → kein Bogen  
Signal zwischen Schwellen → Einfachbögen  
Signal < untere Schwelle → Doppelbögen
- 25 18. Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von Unregelmäßigkeiten der Dicke, Dickeschwankungen, von flächigen Objekten (6,27), wie Papier, Papierrollen, Pappe, Bleche oder ähnliche flächige Materialien, zur Detektion von Mehrfachlagen gegenüber der Einfachlage bzw. von Einfach- und Mehrfachbögen, von  
30 Papierklebe- oder -abrisstellen, sowie zur Detektion, Zählen, von auf einem Trägermaterial angeordneten Gegenständen, wie Etiketten, durch Erkennen von zwischen benachbarten Gegenständen befindliche Lücken, mit einer Einrichtung (1,1') zum Senden und Empfangen von Ultraschall in Bezug auf die Objekte

10.10.03

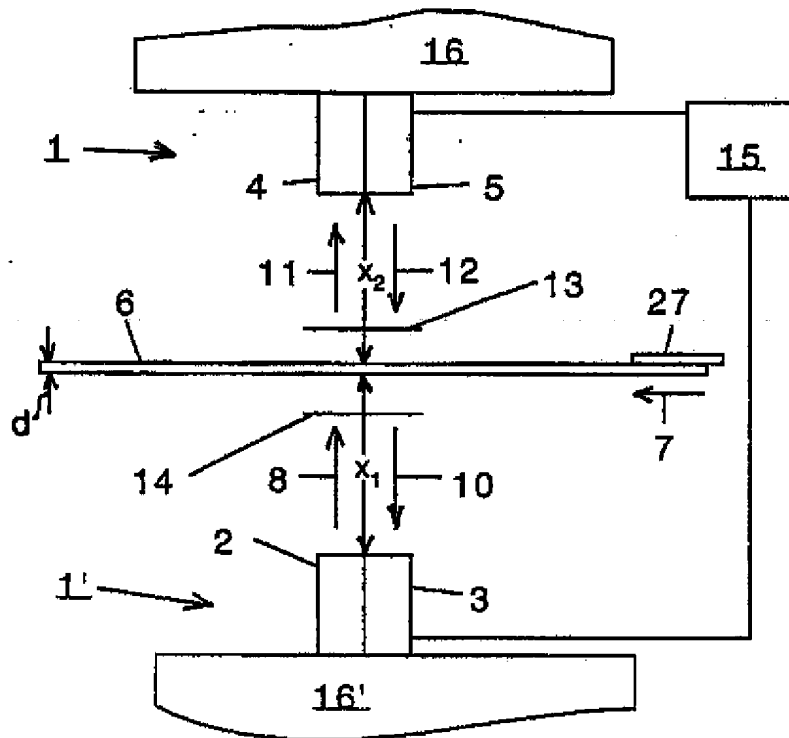
- 5 -

(6,27), sowie einer mit der Einrichtung (1,1') elektrisch verbundenen Auswerteelektronik (15), und die Einrichtung jeweils aus einem Ultraschallwandler (1,1') zum Senden und Empfangen (3,4) auf jeder Seite der Objekte (6,27) besteht, wobei die Ultraschallwandler (1,1') sich gegenüberstehen und senkrecht bzw. im Wesentlichen senkrecht zu den Objekten (6,27) gerichtet sind, und die Ultraschallwandler (1,1',3,4) bzw. Empfänger (3,4) zum Empfang des gesendeten Signals (8,9,10,11,12) des eigenen, auf derselben Seite wie der Empfänger (3,4) liegenden Senders (2,5) als Reflektionssignale (10,11) zur Dickenmessung des Objekts (6,27) durch Reflektion imstande sind, wobei die Auswerteelektronik (15) die Ultraschalllaufzeiten der Reflektionssignale (10,11) ermittelt und hieraus die Dicke (d) des Objektes (6,27) bestimmt, wobei Objekte, vorzugsweise ab 0,3 mm Dicke, mittels Reflektion zu messen sind.

DE 2003 12 388 U1



Figur 1



Figur 2

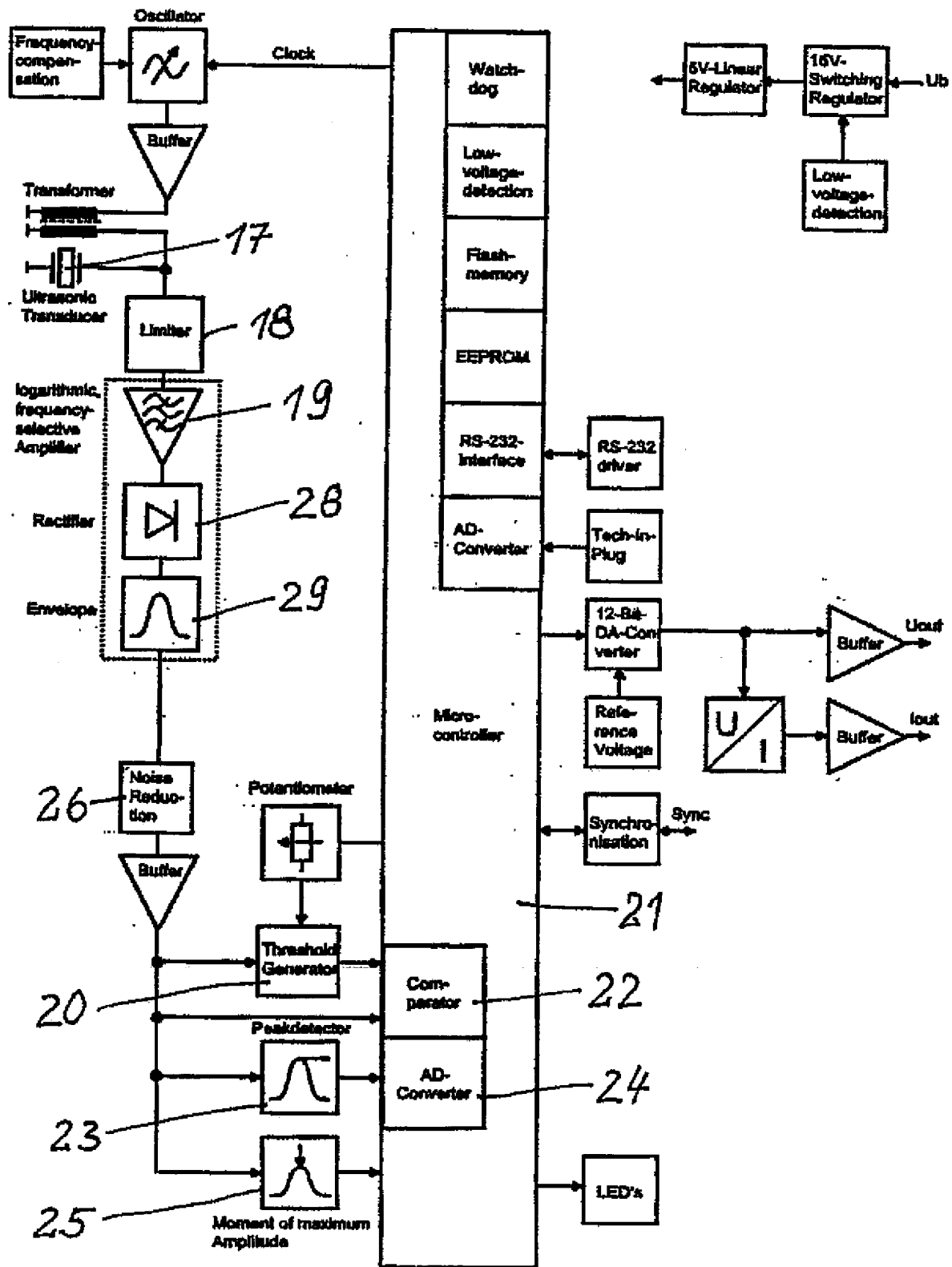


Fig.3